

長柱の応力発生予測とその補強効果について

○中央大学 学生員 松井謙典

中央大学 正会員 平野廣和

中央大学 学生員 三木孝則

十川ゴム 正会員 井田剛史

1. はじめに

橋梁付属物の代表である標識柱等は、従来の設計基準によると静的な荷重のみを取り入れて設計がなされて来た。一方、阪神淡路大震災から橋梁の耐震化に伴いゴム支承の導入、鋼橋の製作コスト低減のために日本道路公団などで広く採用されている幅広二主桁橋等、橋そのものが従来と比べて大きく揺れ易くなっている。そのため、橋梁付属構造物がその揺れを受けて振動し、基部にクラック等が生じる現象が発生している。そこで、これまで紫外線硬化型樹脂（以後、FRP とする。）による長柱補強工法の研究を行ってきた¹⁾。その FRP 補強が疲労強度としては、無補強に対し 2～3 倍程度であり、さらなる強度向上、具体的には 10 倍程度を目標として検討する必要がある。そこで、新たな補強材料としてコンクリート製橋脚等で実績のあるアラミド繊維を選択し、問題となる長柱基部の応力発生を予測し、その補強材料としての可能性を見出すことを構造解析の面から検討する。

2. 解析モデル

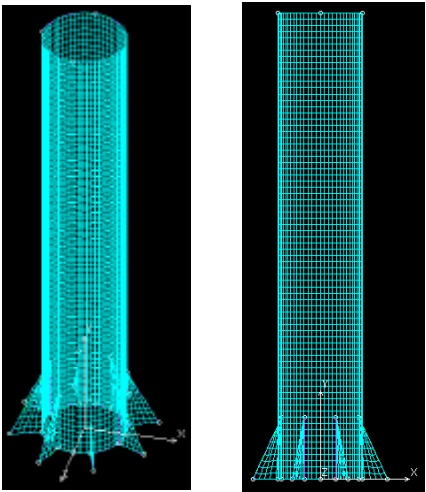
解析モデルとしては、表-1 に示す解析条件の基、著者らが実物大モデルでの疲労実験で用いている F 型標識柱(基部鋼管 φ 267.4) の長柱基部より 1.5m の高さまでを採用した。これを図 - 1 に示すような 3D シェル要素を用いて要素分割し、さらに基部には幅 100mm 高さ 200mm のリブを 8 箇所取り付け付けた状態もモデル化した。

静的解析としては、3DFEM 汎用構造解析ソフトを用い、長柱基部を固定した状態で頂部に水平方向に降伏応力の 30%を想定した 10 kN の力を作用させた。本条件は、実物大疲労試験を行った時と同一の条件に設定している。

3. 解析結果

(1)無補強状態

比較の基となる無補強時の応力解析結果を図-2 に示す。これにより最も発生応力の高いのは基部周辺のリブ上端であり、最大主応力は最大 218MPa 主応力が発生した。ところで、実物大実験では約 220Mpa の主応力が得られているので、解析の精度は確認できたと考える。なお、参考の



(a)全体図 (b)側面図

図-1 解析モデル

表-1 F 型標識柱の構造解析条件と材料特性

項目		単位	
標識柱諸元	ボールの高さ	mm	1500
	鋼管の外径	mm	267.4
	板厚	mm	9.3
	基部のリブ高さ	mm	200
	基部のリブ幅	mm	100
Steel材料特性	基部のリブ板厚	mm	12.0
	単位質量	kg/mm ³	8.02*10 ⁻¹⁰
	弾性率	GPa	210
	ポアソン比		0.3
アラミド繊維 (1)	単位質量	kg/mm ³	1.83*10 ⁻¹⁰
	弾性率	GPa	71.6
	ポアソン比		0.3
アラミド繊維 (2)	単位質量	kg/mm ³	1.83*10 ⁻¹⁰
	弾性率	GPa	126
	ポアソン比		0.3

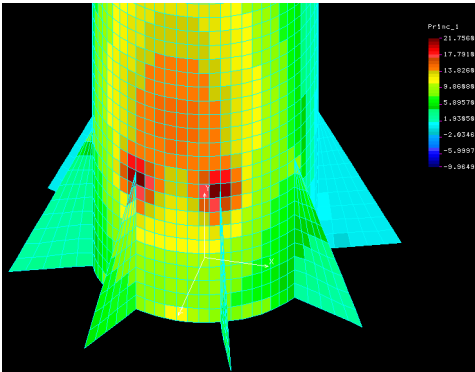


図-2 無補強時応力分布図

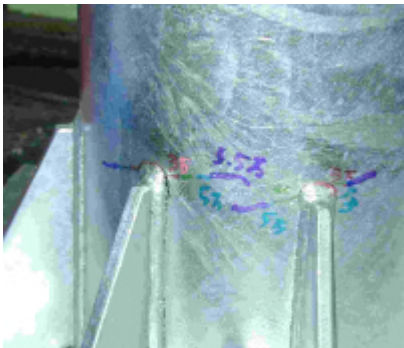


写真-1 き裂発生状況

Key Words:長柱補強、アラミド繊維、疲労寿命

〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 tel.03-3817-1816 fax.03-3817-1803

ために疲労実験でき裂が進展した状態を写真-1に示す。

(2) アラミド繊維による補強解析

補強に用いるアラミド繊維は表-1に示すような材料特性を持ち、アラミド繊維(1)(ヤング率 71.6GPa)は入手が割合と可能な物、アラミド繊維(2)(ヤング率 126GPa)はやや特殊な用途の物の2種類を選んだ。また、解析ケースは、アラミド繊維(1)は厚さ 2mm、4mm を、アラミド繊維(2)は厚さ 2mm とした。これら補強材料を基部のリブ上端上側 200mm の所から基部リブ上端の下側 100mm までの合計幅 300mm を貼り付けた状態で解析を行った。

図-3は、アラミド繊維(1)厚さ 2mm 貼り付けであり、リブ上端で 206MPa の主応力が発生している。図-4の同 4mm 貼り付では同位置で 196MPa である。また、図-5にアラミド繊維(2)を 2mm 貼り付けたときには同位置で 198MPa である。一方、最大主応力が発生しているリブ上端を通る位置での基部から高さ 1000mm までの間の主応力分布図を図-6に示す。これからわかるようにアラミド繊維(1)を 4mm 貼り付けたときならびにアラミド繊維(2)を 2mm 貼り付けた時には、リブ上端部の最大主応力が無補強時に比べおよそ 10%低減していることがわかる。このことから、長柱をアラミド繊維で補強する事の有効性があるといえる。またアラミド繊維(2)のヤング率は(1)の 1.7 倍であるが(1)-4mm 厚と同じ効果が得られている。これはヤング率を高くすると断面を増加させるのと同じ効果があることがわかる。

しかし、アラミド繊維の貼り付けには十分な注意が必要となり、接着剤などで確実に固定し長柱と一体化させ応力を確実に分散させることである。例えば、補強材料に力を確実に伝搬させるためには、補強材料が確実に周方向にプレストレス導入などで張られている状態になることが望ましい。少しでも補強材料に緩みがある場合は、効果はほとんど期待できないものとする。また、ねじりモードなどに対しても繊維方向が逆となる可能性があるので、縦および横にも高弾性率および高強度の繊維シートを用いる必要がある。

4. まとめ

本研究ではアラミド繊維により長柱の補強効果があるということが解析でわかった。これにより今後は一種の接触問題と捕らえ、鋼管とアラミド繊維との接合部分、特に接着強度を考慮した非線形の解析を行う事が必要となる。また、これと平行して各種の接着剤や新たな接着方法を用いて実物モデルを用いた実験を行い、この面からも検討を行う予定である。この補強効果により実際に F 型標識柱などの橋梁付属構造物の疲労寿命延命にどの程度の効果があるか順次確かめていきたい。

- 〔参考文献〕 1) 佐藤武司他：標識柱等の橋梁付属物の振動特性、第 29 回関東支部技術研究発表会、平成 14 年 3 月
2) 連重俊他：平野廣和、志村敦：鋼橋の低周波域騒音低減工法の開発と試験施工、橋梁と基礎 No.2001-4, pp.2-9,2001.4

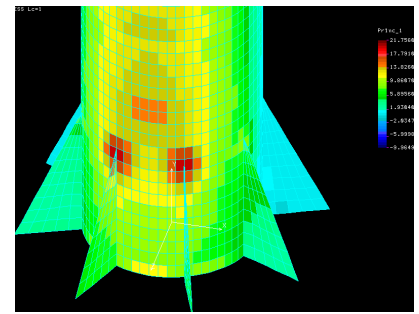


図-3 アラミド繊維(1) 2 mm厚貼り付け

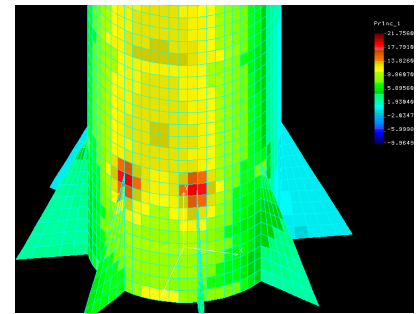


図-4 アラミド繊維(1) 4 mm厚貼り付け

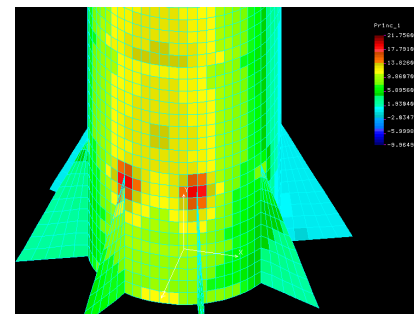


図-5 アラミド繊維(2) 2 mm厚貼り付け

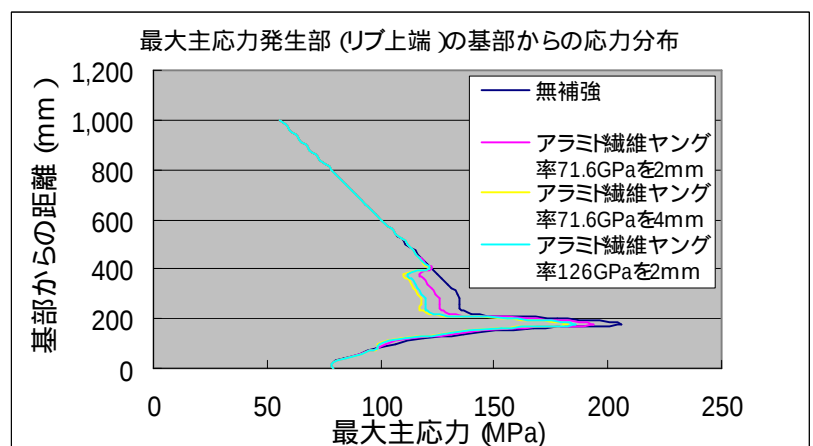


図-6 最大主応力と基部からの距離の関係